

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 04-214559

(43)Date of publication of application : 05.08.1992

(51)Int.Cl.

G03F 1/08  
H01L 21/027

(21)Application number : 02-401879

(71)Applicant : DAINIPPON PRINTING CO LTD

(22)Date of filing : 13.12.1990

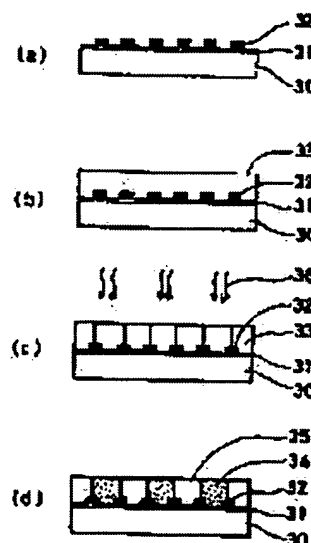
(72)Inventor : MIKAMI TAKEKAZU

## (54) PHOTOMASK HAVING PHASE SHIFTING LAYER AND PRODUCTION THEREOF

### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To produce a photomask having high precision phase shifting layer by small number of process, and at small generation rate of defect with low cost.

**CONSTITUTION:** In the production of the photomask by forming a light shielding mask pattern 32 on a transparent substrate 30 and providing the phase shifting layer 33 on the light shielding mask pattern 32, ion 36 is selectively injected into described pattern area of the phase shifting layer 33 by the condensing ion beam method and phase difference arises at the position 34, 35 among transmitting pattern adjacent to the light shielding mask pattern 32 by changing refractive index of the phase shifting layer 33.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(51) Int.Cl.<sup>4</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 0 3 F 1/08

A 7369-2H

H 0 1 L 21/027

7352-4M

H 0 1 L 21/ 30

3 0 1 P

審査請求 未請求 請求項の数 5 (全 6 頁)

(21) 出願番号

特願平2-401879

(22) 出願日

平成2年(1990)12月13日

(71) 出願人 000002897

大日本印刷株式会社

東京都新宿区市谷加賀町1丁目1番1号

(72) 発明者 三上豪一

東京都新宿市谷加賀町一丁目1番1号大日本

印刷株式会社内

(74) 代理人 弁理士 荏澤 弘 (外7名)

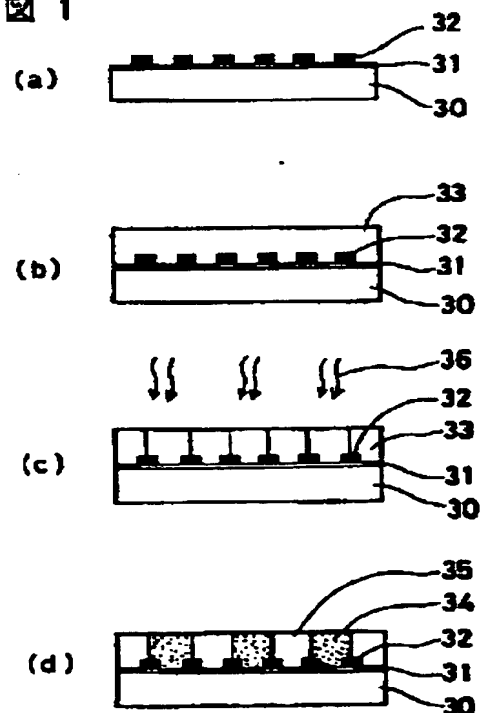
(54) 【発明の名称】 位相シフト層を有するフォトマスク及びその製造方法

(57) 【要約】

【目的】 高精度の位相シフト層を有するフォトマスクを、少ない工程数で、欠陥の発生率が小さく、低コストで製造する。

【構成】 透明基板30上に遮光マスクパターン32を形成し、遮光マスクパターン32上に位相シフト層33を設けたフォトマスクの製造方法において、位相シフト層33の所定パターン領域に集束イオンビーム法により選択的にイオン36を注入して、遮光マスクパターン32の隣接する透過パターン間の位置34、35で位相シフト層33の屈折率を異ならせて位相差を生じさせる。

図 1



(2)

(2)

2

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 透明基板上に遮光マスクパターンを形成したフォトマスクにおいて、遮光マスクパターン上に位相シフト層を有し、位相シフト層の屈折率が遮光マスクパターンの隣接する透過パターン間の位置で異なることを特徴とする位相シフト層を有するフォトマスク。

【請求項2】 前記位相シフト層の屈折率の差は、位相シフト層に対するイオン注入によって導入されたものであることを特徴とする請求項1記載の位相シフト層を有するフォトマスク。

【請求項3】 前記位相シフト層はスパッタリング法によって形成された酸化珪素又はスピンオンガラスからなり、前記屈折率の差は窒素イオン注入によって形成されたものであることを特徴とする請求項2記載の位相シフト層を有するフォトマスク。

【請求項4】 透明基板上に遮光マスクパターンを形成し、遮光マスクパターン上に位相シフト層を設けたフォトマスクの製造方法において、位相シフト層の所定パターン領域に集束イオンビーム法により選択的にイオンを注入して、遮光マスクパターンの隣接する透過パターン間の位置で位相シフト層の屈折率を異ならせて位相差を生じさせることを特徴とする位相シフト層を有するフォトマスクの製造方法。

【請求項5】 位相シフト層に選択的にイオン注入後、加熱してアニーリング処理することを特徴とする請求項4記載の位相シフト層を有するフォトマスクの製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、LSI、超LSI等の高密度集積回路の製造に用いられるフォトマスク及びその製造方法に係り、特に、微細なパターンを高精度に形成する際の位相シフト層を有するフォトマスク及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 IC、LSI、超LSI等の半導体集積回路は、Siウェハー等の被加工基板上にレジストを塗布し、ステッパー等により所望のパターンを露光した後、現像、エッチングを行う、いわゆるリソグラフィ工程を繰り返すことにより製造されている。

【0003】 このようなリソグラフィ工程に使用されるレチクルと呼ばれるフォトマスクは、半導体集積回路の高性能化、高集積化に伴ってますます高精度が要求される傾向にあり、例えば、代表的なLSIであるDRAMを例にとると、1MビットDRAM用の5倍レチクル、すなわち、露光するパターンの5倍のサイズを有するレチクルにおける寸法のずれは、平均値 $\pm 3\sigma$  ( $\sigma$ は標準偏差)をとった場合においても、 $0.15\mu\text{m}$ の精度が要求され、同様に、4MビットDRAM用の5倍レチクルは $0.1\sim 0.15\mu\text{m}$ の寸法精度が、16Mビ

ットDRAM用5倍レチクルは $0.05\sim 0.1\mu\text{m}$ の寸法精度が要求されている。

【0004】 さらに、これらのレチクルを使用して形成されるデバイスパターンの線幅は、1MビットDRAMで $1.2\mu\text{m}$ 、4ビットDRAMでは $0.8\mu\text{m}$ 、16MビットDRAMでは $0.6\mu\text{m}$ と、ますます微細化が要求されており、このような要求に応えるために、様々な露光方法が研究されている。

【0005】 ところが、例えば64MDRAMクラスの次々世代のデバイスパターンになると、これまでのレチクルを用いたステッパー露光方式ではレジストパターンの解像限界となり、この限界を乗り越えるものとして、例えば、特開昭58-173744号公報、特公昭62-59296号公報等に示されているような、位相シフトマスクという新しい考え方のレチクルが提案されている。位相シフトレチクルを用いる位相シフトリソグラフィは、レチクルを透過する光の位相を操作することによって、投影像の分解能及びコントラストを向上させる技術である。

【0006】 位相シフトリソグラフィを図面に従って簡単に説明する。図2は位相シフト法の原理を示す図、図3は従来法を示す図であり、図2(a)及び図3(a)はレチクルの断面図、図2(b)及び図3(b)はレチクル上の光の振幅、図2(c)及び図3(c)はウェハー上の光の振幅、図2(d)及び図3(d)はウェハー上の光強度をそれぞれ示し、1は基板、2は遮光膜、3は位相シフター、4は入射光を示す。

【0007】 従来法においては、図3(a)に示すように、ガラス等からなる基板1にクロム等からなる遮光膜2が形成されて、所定のパターンの光透過部が形成されているだけであるが、位相シフトリソグラフィでは、図2(a)に示すように、レチクル上の隣接する光透過部の一方に位相を反転(位相差 $180^\circ$ )させるための透過膜からなる位相シフター3が設けられている。したがって、従来法においては、レチクル上の光の振幅は図3(b)に示すように同相となり、ウェハー上の光の振幅も図3(c)に示すように同相となるので、その結果、図3(d)のようにウェハー上のパターンを分離することができないのに対して、位相シフトリソグラフィにおいては、位相シフターを透過した光は、図2(b)に示すように、隣接パターン間で互いに逆位相になされるため、パターンの境界部で光強度が零になり、図2(d)に示すように隣接するパターンを明瞭に分離することができる。このように、位相シフトリソグラフィにおいては、従来は分離できなかったパターンも分離可能となり、解像度を向上させることができるものである。

【0008】 次に、位相シフトレチクルの従来の製造工程の1例を図面を参照して説明する。図4は位相シフトレチクルの製造工程を示す断面図であり、図中、10は

基板、11は導電層、12はクロム膜、13はレジスト層、14は電離放射線、15はレジストパターン、16はエッチングガスプラズマ、17はクロムパターン、18は酸素プラズマ、19は透明膜、20はレジスト層、21は電離放射線、22はレジストパターン、23はエッチングガスプラズマ、24は位相シフトパターン、25は酸素プラズマを示す。

【0009】まず、図4(a)に示すように、光学研磨された基板10に、位相シフターパターン描画時の露光ビームによるチャージアップ現象を防止するために、タンタル薄膜層等からなる導電層11を形成し、その上にクロム膜12を形成し、さらに、クロロメチル化ポリスチレン等の電離放射線レジストを、スピンコーティング等の常法により均一に塗布し、加熱乾燥処理を施し、厚さ0.1~2.0 $\mu$ m程度のレジスト層13を形成する。加熱乾燥処理は、使用するレジストの種類にもよるが、通常、80~150℃で、20~60分間程度行う。

【0010】次に、同図(b)に示すように、レジスト層13に、常法に従って電子線描画装置等の露光装置により電離放射線14でパターン描画し、エチルセロソルブやエステル等の有機溶剤を主成分とする現像液で現像後、アルコールでリンスし、同図(c)に示すようなレジストパターン15を形成する。

【0011】次に、必要に応じて加熱処理、及び、デスカム処理を行って、レジストパターン15のエッジ部分等に残存したレジスト屑、ヒゲ等不要なレジストを除去した後、同図(d)に示すように、レジストパターン15の開口部より露出する被加工部分、すなわち、クロム層12をエッチングガスプラズマ16によりドライエッチングし、クロムパターン17を形成する。なお、このクロムパターン17の形成は、エッチングガスプラズマ16によるドライエッチングに代えて、ウェットエッチングにより行ってもよいことは当業者に明らかである。

【0012】このようにしてエッチングした後、同図(e)に示すように、レジストパターン15、すなわち、残存するレジストを酸素プラズマ18により灰化除去し、同図(f)に示すようなフォトマスクを完成させる。なお、この処理は、酸素プラズマ18による灰化処理に代えて、溶剤剥離により行うことも可能である。

【0013】続いて、このフォトマスクを検査し、必要によってはパターン修正を加え、洗浄した後、同図(g)に示すように、クロムパターン17の上にSiO<sub>2</sub>等からなる透明膜19を形成する。次に、同図(h)に示すように、透明膜19上に、上記と同様にして、クロロメチル化ポリスチレン等の電離放射線レジスト層20を形成し、同図(i)に示すように、レジスト層20に常法に従ってアライメントを行い、電子線露光装置等の電離放射線21によって所定のパターンを描画し、現像、リンスして、同図(j)に示すように、レジストパ

ターン22を形成する。

【0014】次に、必要に応じて、加熱処理、及び、デスカム処理を行った後、同図(k)に示すように、レジストパターン22の開口部より露出する透明膜19部分をエッチングガスプラズマ23によりドライエッチングし、位相シフターパターン24を形成する。なお、この位相シフターパターン24の形成は、エッチングガスプラズマ23によるドライエッチングに代えて、ウェットエッチングにより行ってもよいものである。

【0015】次に、残存したレジストを、同図(l)に示すように、酸素プラズマ25により灰化除去する。以上の工程により、同図(m)に示すような位相シフター24を有する位相シフトマスクが完成する。

【0016】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記した従来の位相シフトマスクの製造方法においては、位相シフターパターンを形成するための工程として、位相シフター層19形成後に、エッチングマスク(レジストパターン)22の作成、エッチング、エッチングマスク除去、残存レジストの灰化处理、洗浄等の多くの工程が必要であった。

【0017】また、エッチング終点をうまくコントロールし、下地基板にダメージを与えないためには、エッチングストッパー層を形成することも必要であった。

【0018】このように、位相シフターパターン形成のための長い工程は、欠陥の多発、長い製作期間、高コスト化といった非常に多くの現実的な問題を抱えていた。

【0019】本発明はこのような状況に鑑みてなされたものであり、その目的は、少ない工程数で、欠陥の発生率が小さく、高精度のフォトマスクを、低コストで製造可能な位相シフト層を有するフォトマスクの製造方法及びその方法によって製造された位相シフトフォトマスクを提供することである。

【0020】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記の問題に鑑み、工程数の削減、低コスト化を行い、かつ、高精度の位相シフトフォトマスクを安定して製造する方法を開発すべく研究の結果、位相シフター層を形成後、集束イオンビーム法を用いて位相シフターパターンに当たる部分に選択的にイオン注入を行い、位相シフター層の被注入部分の屈折率を変化させ、被注入部分と未注入部分との間に生じる屈折率の差によって、これらの部分が対応する隣接透過パターン間に所定の位相差(180°)を生じさせるようにすることによって、高解像力を有する位相シフトフォトマスクを、これまでよりも少ない工程で、安定的に製造できることを見出し、かかる知見に基づいて本発明を完成したものである。

【0021】以下、本発明を図面を参照にして説明する。図1は本発明に係る位相シフト層を有するフォトマスクの製造方法の工程を示す断面図であり、図中30は

5

(4)  
(4)

6

基板、31は導電層、32はクロムパターン（遮光層）、33は位相シフター層、34は位相シフトパターンa、35は位相シフトパターンb、36はイオンビームを表している。

【0022】まず、図1の(a)に示すような、常法に\*

$$d = \lambda / 2 (n_s - n_a)$$

ただし、 $n_s$ ・・・イオン注入部分の屈折率、

$n_a$ ・・・イオン未注入部分の屈折率、

$\lambda$ ・・・フォトマスク露光波長(nm)、

$d$ ・・・位相シフター層膜厚(nm)。

【0024】位相シフター層33としては、スパッタリング法等によるSiO<sub>2</sub>膜、スピノングラス(SOG)、有機高分子膜、その他、近紫外域で透明な無機、有機何れかの材料を用いてもよい。なお、SOGは、有機シリコン化合物の有機溶媒溶液を塗布、乾燥、加熱して酸化シリコンに変化させた膜を言い、SOGの出発原料としては、テトラエトキシシラン(Si(OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>4</sub>)等の金属アルコキシド、水、メタノール等の両極性溶媒、塩酸が用いられる。

【0025】次に、図1(c)に示すように、この位相シフター層33の位相シフターパターンaに相当する部分(図4に示したような従来の位相シフトフォトマスクの位相シフターに当たる部分)に、集束イオンビーム法を用いて、イオンビーム36を照射してイオン注入(パターン描画)を行う。その結果、図1(d)に示すように、被注入部分34はイオン注入により屈折率が変化するため、その他の未注入部分35との間に屈折率の差が生じる。こうして生じた屈折率の差を利用して、上記式(1)に基づき、位相を隣接する透過パターン間で逆にすることができる。なお、イオン注入後、イオン注入に伴うストレスを取り除くために、加熱してアニーリング処理をするのが望ましい。

【0026】従来法においては、位相シフターパターンを形成するのにエッチング工程が必要であったため、基板を傷つけたり、これを防ぐ手段として被加工基板上にエッチングストッパー層を形成する必要があったが、本発明においては、エッチング工程がないため、従来法と比べてより高品質のフォトマスクをより簡単な工程で作成することができる。

【0027】すなわち、本発明の位相シフト層を有するフォトマスクは、透明基板上に遮光マスクパターンを形成したフォトマスクにおいて、遮光マスクパターン上に位相シフト層を有し、位相シフト層の屈折率が遮光マスクパターンの隣接する透過パターン間の位置で異なることを特徴とするものである。

【0028】この場合、前記位相シフト層の屈折率の差は、位相シフト層に対するイオン注入によって導入されたものであり、典型的には、前記位相シフト層はスパッタリング法によって形成された酸化珪素又はスピノングラスからなり、前記屈折率の差は窒素イオン注入によ

\*従って作成し、欠陥検査を行ったクロムマスク上に、図(b)に示すように、次の式(1)に合うような膜厚の位相シフター層33を形成する。

【0023】

$$\dots (1)$$

って形成されたものである。

【0029】また、本発明の位相シフト層を有するフォトマスクの製造方法は、透明基板上に遮光マスクパターンを形成し、遮光マスクパターン上に位相シフト層を設けたフォトマスクの製造方法において、位相シフト層の所定パターン領域に集束イオンビーム法により選択的にイオンを注入して、遮光マスクパターンの隣接する透過パターン間の位置で位相シフト層の屈折率を異ならせて位相差を生じさせることを特徴とする方法である。

【0030】この場合、位相シフト層に選択的にイオン注入後、加熱してアニーリング処理するのが望ましい。

【0031】

【作用】最近のLSI、超LSIの高集積化に伴い、ますますフォトマスクの高精度化が要求され、それに従って、ゴミ等による欠陥の多発が問題になっている。また、必然的に高コストとなる。

【0032】本発明の位相シフト層を有するフォトマスク及びその製造方法においては、透明基板上の遮光マスクパターン(クロムパターン)上に形成した位相シフト層を全くエッチングすることなしに、位相シフト層を有するフォトマスクを高精度に製造することが可能であり、工程数削減により、欠陥の発生が抑えられ、同時に製造コストを低く抑えることが可能になる。

【0033】

【実施例】以下、本発明の実施例について説明する。

【0034】実施例1

常法に従って製造したクロム遮光パターンを有するフォトマスクの品質を検査した後、その上にSOG(スピノングラス)あるいはスパッタリング法によるSiO<sub>2</sub>の位相シフト層を膜厚830nmになるように堆積して成膜した。SOGを用いた場合は、300°Cの窒素雰囲気中で焼成した。このようにして形成した位相シフト層に欠陥がないことを確認した上で、所定の位相シフターパターンに相当する部分に、100KeV~1MeVの加速電圧で窒素イオンを注入した。その後、この基板を300°Cでアニーリング処理した。

【0035】窒素イオンを注入した部分の屈折率 $n_s$ は1.63であり、イオン注入されていない部分の屈折率 $n_a$ は1.41であった。露光波長 $\lambda$ が365nmの場合、膜厚 $d$ が830nmであれば、位相を逆転させるのに充分である。

【0036】以上は、180°位相シフターを想定した値であったが、イオンの注入量を変化させれば、任意の値だけ位相がシフトする位相シフター層や、連続的に位

相シフト量に変化する位相シフター層を作成することができる。

【0037】このように位相シフター層のエッチング工程が含まれないプロセスで作成した位相シフトフォトマスクの位相シフター部の位置ずれは、平均値 $\pm\sigma$  ( $\sigma$ は標準偏差)をとった場合に $\pm 0.1\mu\text{m}$ 以内という値を示し、高精度な位相シフター層を有する位相シフトマスクが得られたことが確認できた。また、マスク周辺部においても、パターン歪み等は全く観測されなかった。

【0038】

【発明の効果】以上説明したように、本発明による位相シフト層を有するフォトマスク及びその製造方法によると、透明基板上の遮光マスクパターン（クロムパターン）上に形成した位相シフト層を全くエッチングすることなしに、位相シフト層を有するフォトマスクを高精度に製造することが可能であり、工程数削減により、欠陥の発生が抑えられ、同時に製造コストを低く抑えること

が可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る位相シフト層を有するフォトマスクの製造方法の工程を示す断面図である。

【図2】位相シフト法の原理を示す図である。

【図3】従来法を示す図である。

【図4】従来の位相シフトフォトマスクの製造工程を示す断面図である。

【符号の説明】

10

30…基板

31…導電層

32…クロムパターン（遮光層）

33…位相シフター層

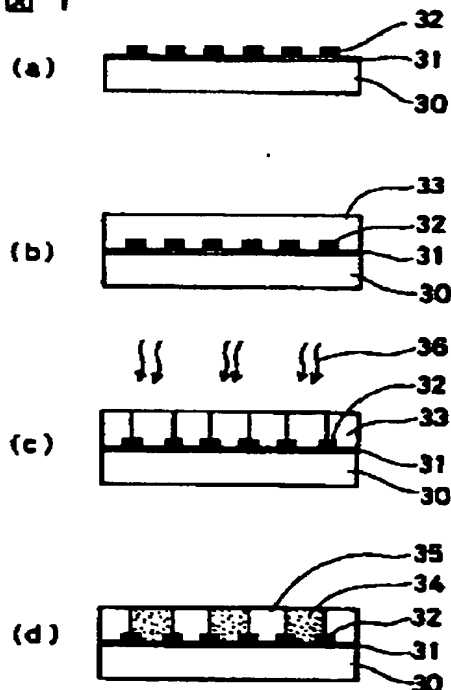
34…位相シフトパターンa（イオン注入部）

35…位相シフトパターンb（イオン未注入部）

36…イオンビーム

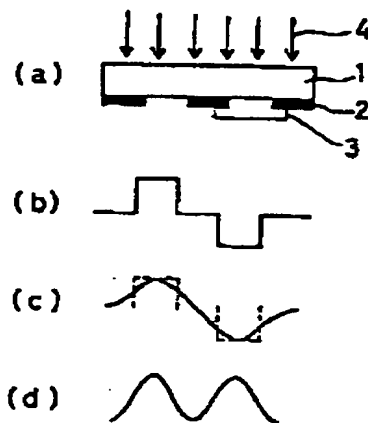
【図1】

図1



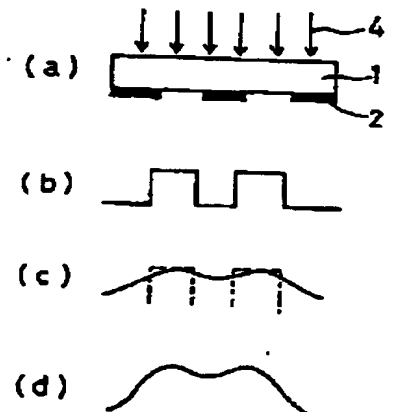
【図2】

図2



【図3】

図3



【図4】

図4

